

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния снежного покрова на динамику радиационного фона приземной атмосферы.

УДК 551.578.4:551.510.42:504.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	Яковлева В.С.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Е.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
Р2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 23.04.2018 Бычков П.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна

Тема работы:

Исследование влияния снежного покрова на динамику радиационного фона приземной атмосферы.
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">1) Результаты анализа научной литературы по теме влияния погодных условий на атмосферный β- и γ-фон.2) База данных мониторинга полей ионизирующих излучений, метеорологических параметров на экспериментальных площадках ТПУ-ИМКЭС, г. Томск.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1) Обзор литературы по теме;2) Моделирование мощности дозы и плотности потока γ- и β- излучения в приземной атмосфере на высотах до 400 метров при разной толщине снежного покрова до 1,5 метров;3) Построить зависимость мощности доз и плотности потока γ-, β- излучения от высоты над земной поверхностью при разной плотности снега;4) Сопоставление моделирования и экспериментальных данных.5) Анализ результатов и выводы;6) Финансовый менеджмент.

	7) Социальная ответственность. 8) Заключение.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
Введение	
Обзор литературы	
Провести эксперимент и анализ результатов измерений	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	Яковлева В.С.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.18	Составление и утверждение технического задания	
16.03.18	Подбор и изучение материалов по теме	
21.04.18	Проведение моделирования	
10.05.18	Получение экспериментальных данных	
07.06.18	Анализ и описание результатов	
13.06.18	Подготовка к защите ВКР	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ	Яковлева В.С.	д.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ЯТЦ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность окружающей среды

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Заработная плата – 46170 руб.; – Отчисления во внебюджетные фонды – 12512 руб.; – Накладные расходы – 7387руб.; – Бюджет затрат – 67000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию – 5,8 руб. за 1 кВт·ч.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 27,1 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	SWOT-анализ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна

Школа	ИШЯТ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии / Радиационная безопасность человека и окружающей среды

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> – вредных факторов производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей микроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение, шум, вибрация. – опасных факторов производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4А	Видергольд Анжелика Витальевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа написана на 78 страницах, содержит 15 рисунков, 18 таблиц, 24 источника.

Ключевые слова: γ -излучение, β -излучение, снежный покров, радиационный фон, приземный слой атмосферы.

Объектом исследования является снежный покров.

Цель работы – Исследование влияния снежного покрова на годовой ход мощности дозы γ -излучения и плотности потока β -излучения в приземной атмосфере.

В ходе исследования было произведено моделирование атмосферных полей γ - и β -излучений, формирующихся почвенными радионуклидами проходящими различные слои снега.

Моделирование проведено с использованием метода Монте-Карло. Учтено вторичное излучение и каскадный характер взаимодействия излучения с воздухом. Произведен анализ зависимости мощности дозы γ - β -излучения от толщины снежного покрова.

Степень внедрения: высокая, проект может использоваться в настоящее время и при продолжении дальнейших исследований.

Область применения: физика атмосферы, радиационная экология, радиационная биология, геофизика.

Значимость работы: как в России так и за рубежом до сих пор никто не рассматривал снег и снежный покров как сколько-нибудь значимый фактор влияющий на γ -фон. До сих пор считается, что именно давление и температура являются основными влияющими факторами.

Обозначения и сокращения

ИИ – Ионизирующие излучение

ПП – плотность потока

ИМКЭС – Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук

ТОРИИ – Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих
излучений

ДПР - дочерние продукты распада

ЭРОА-эквивалентная равновесная объёмная активность

Оглавление

Введение.....	14
1 Литературный обзор по годовой динамике γ и β -фона в приземной атмосфере	16
1.1 Факторы, влияющие на радиационный фон	16
1.2 Флуктуации естественного радиационного фона	17
1.3 Особенности динамики радиационного γ и β -фона	19
1.4 Заключение по главе	24
2 Методы измерения характеристик атмосферного γ и β -фона	25
2.1 Газоразрядные счетчики для измерения γ - излучения	28
2.1.1 Счетчик СБМ-19	28
2.1.2 Счетчик СТС-6.....	29
2.2 Сцинтилляционные счетчики для измерения излучения	31
2.2.1 Блок детектирования α - излучения БДПБ-01	31
2.2.2 Блок детектирования бета излучения БДКГ-03.....	32
2.3	33
3 Исследование влияния снежного покрова на радиационный γ - β -фон	34
3.1 Моделирование вертикального распределения характеристик γ - β - полей в атмосфере в зависимости от толщины снежного покрова.....	34
3.1.1 Состав грунта, атмосферы и снега для моделирования.....	34
3.1.2 Геометрия расчета.....	35
3.1.3 Выбор радионуклидов и пересчет на реальную активность радионуклидов.....	36
3.1.4 Графики, полученные в результате моделирования	37
3.2 Экспериментальные данные	40
3.3 Заключение по главе	44
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	45
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	45

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.1.2. SWOT-анализ	47
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения НИР	51
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	52
4.2.4 Разработка графика проведения научного исследования.....	54
4.2.5. Бюджет научно-технического исследования	56
4.2.5.1. Основная заработная плата исполнителей темы	56
4.2.5.2 Отчисления во внебюджетные фонды.....	58
4.2.5.3 Накладные расходы.....	59
4.2.5.4. Формирование бюджеты затрат научно-технического исследования	60
4.2.6 Определение ресурсной эффективности исследования.....	61
5 Социальная ответственность	64
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	64
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	66
5.2.1 Организационные мероприятия	66
5.2.2 Технические мероприятия	67
5.3 Условия безопасной работы	69
5.4 Электробезопасность	71
5.5 Пожарная и взрывная безопасность	72
Заключение	75
Список используемых источников.....	76

Введение

Индикаторные свойства радионуклидов и ионизирующих излучений известны и активно используются уже более века для получения новых знаний о динамических процессах, происходящих в атмосфере и верхних слоях литосферы, для оценки физических характеристик различных сред и материалов и также для прогнозирования опасных природных и техногенных явлений

Атмосферный γ -фон начали контролировать еще с середины 20 века в связи с начавшимися массовыми испытаниями ядерного оружия. Поэтому, можно полагать, что гамма-фон приземной атмосферы является на настоящий момент самой изученной радиационной величиной. Тем не менее, с развитием науки и техники возникают новые задачи, требующие иного подхода к мониторингу радиационного фона приземной атмосферы, а также нового взгляда на, казалось бы, привычные нам факты.

Известно, что γ - и β -фон приземной атмосферы формируется, в основном, почвенными радионуклидами, находящимися в верхнем слое грунта. В зимний период, когда основной источник атмосферного радиационного фона экранирован снегом, следует ожидать его снижение за счет поглощения фотонов и электронов в слое снега. В то же время, в зимний период изменяется состояние атмосферы, понижается температура, повышается давление, это приводит к увеличению плотности атмосферного воздуха, и снижению длины пробега ионизирующих частиц. В итоге детектор будет регистрировать меньшее количество частиц. Известные факты, однако, не известна степень влияния каждого из упомянутых факторов снижения радиационного фона в зимний период года. В связи с вышесказанным были определены цель и задачи настоящей работы.

Целью настоящей работы является: выявление степени влияния снежного покрова на годовую динамику γ - и β - фона приземной атмосферы.

Задачи:

1. Литературный обзор по теме исследования.
2. Моделирование изменения мощности дозы и плотности потока β - и γ -излучения в приземной атмосфере с ростом высоты при разной толщине снежного покрова.
3. Построить зависимость мощности дозы и плотности потока β - и γ -излучения от высоты над земной поверхностью при разной плотности снега.
4. Провести сравнительный анализ расчётных и экспериментальных данных. Определить коэффициент корреляции между мощностью дозы и основными метеорологическими параметрами (атмосферное давление и температура, толщина снежного покрова). Выявить наиболее влияющий на годовую динамику фактор.

1 Литературный обзор по годовой динамике γ и β -фона в приземной атмосфере

1.1 Факторы, влияющие на радиационный фон

Радиационный контроль, включает в себя постоянное наблюдение за изменением γ -фона, основной задачей является обеспечение защиты населения от воздействия ионизирующего излучения, вредного для их здоровья [1].

Исследования показали, что на изменение мощности дозы гамма-излучения влияют: землетрясения, атмосферное давление[2.3], направление и сила ветра[2.3], влажность воздуха[2.3], температура[2.3] и др. На изменение интенсивности радиационного фона влияют две группы факторов: земные (миграция радионуклидов под влиянием смены направлений ветров, морских течений и т.п.) и внеземные (изменение интенсивности космического излучения, возникновение вторичных излучений из-за образования радионуклидов в процессе взаимодействия космического излучения с элементами почвы, морской воды и т.п.). Остальные радиационные величины, такие как объемная активность изотопов радона и дочерних продуктов их распада (ДПР), плотность потока β -излучения в атмосфере, плотность потока радона с поверхности грунта, измеряются при эпизодическом контроле.

Увеличение относительной влажности воздуха приводит к уменьшению интенсивности радиационного фона. Основное падение интенсивности радиационного поля приходится на интервал от 75 до 90 % влажности. Интенсивность фона излучения также зависит от направления ветра. Наибольшие значения фона достигаются при скорости ветра 4-12 м/с. Зависимость радиационного фона от атмосферного давления отчетливо выражена: интенсивность излучения максимальна при давлении 753 мм рт. Ст. и минимальна для небольших (740 мм рт. ст.) и больших (776 мм рт. ст.) [3]. В разное время года интенсивность гамма-фона или увеличивается с ростом определенного метеорологического параметра, или уменьшается, а иногда от

него вообще не зависит. Поэтому вопрос о характере влияния метеорологических параметров на гамма-фон требует более тщательного изучения и участия в анализе данных о колебаниях климатических параметров в течение нескольких лет.

1.2 Флуктуации естественного радиационного фона

В глобальном масштабе мониторинг качества воздуха обеспечивает важные данные для сравнения воздействия на окружающую среду радиоактивности из антропогенных источников и естественных для изучения глобальных атмосферных процессов. Большая замороженных из воздуха радионуклидов прикреплена к аэрозолям, и их концентрация в воздухе на уровне земли, в основном из-за поведения аэрозолей в атмосфере. Аэрозоли играют важную роль в атмосферных процессах в качестве носителей атмосферных материалов и доступных поверхностей для различных химических процессов. Радионуклиды могут быть использованы, для того чтобы проследить их траекторию, а также перенос озона в атмосфере. Среди природных радионуклидов в воздухе, радон (^{222}Rn) и его производные (^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po) являются наиболее значимыми, в то время как ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr представляют большой интерес среди продуктов деления. Наиболее часто радионуклиды, отслеживаемые на уровне земли, космогенные ^7Be , естественные ^{210}Pb и антропогенные. ^{137}Cs . Бериллий-7 (период полураспада 53.28 дней). производится космическими лучами в процессах с легкими элементами (N, O, C) в верхней тропосфере и нижней стратосфере, и ее среднегодовые концентрации являются хорошим индикатором изменений в атмосфере из-за интенсивности космических лучей, и они коррелируют обменные процессы со стратосферой-к-тропосфере. Концентрации ^7Be в воздухе при средних широтах выставляют максимумы весной/летом, что связано с сезонным истончением тропопаузы, что позволяет стратосферным массам, богатыми ^7Be , войти в тропосферу. Концентрация ^7Be в воздухе

осуществляется путем обмена воздуха между стратосферой и тропосферой вертикальным перемешиванием.

Интенсивность поля излучения на поверхности Земли не постоянна: она изменяется как в пространстве, так и во времени. Уровни земного излучения зависят от концентрации радионуклидов в той или иной части земной коры. В тех местах, где проживает большая часть населения, они примерно одинакового порядка. Таким образом, согласно исследованиям, проведенным во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США, примерно 95% населения этих стран живут в местах, где мощность дозы излучения от источников земного излучения в среднем составляет от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Но некоторые группы населения получают значительно более высокие дозы облучения: около 3% получают в среднем 1 мЗв в год, а около 1,5% получают более 1,4 мЗв в год. Но есть места, где уровни земного излучения намного выше. Недалеко от города Посус-ди-Калдас в Бразилии на небольшом холме уровень радиации в 800 раз превышает средний (250 мЗв / год)

Чуть более низкие уровни радиации регистрируются на морском курорте, расположенном в 600 км к востоку от этого возвышения. Гуарапари - небольшой город с населением в 12 тысяч человек - каждое лето становится местом отдыха для 30 тысяч отдыхающих. В некоторых частях пляжей уровень излучения составляет 175 мЗв в год. Местные поселения стоят на песках, богатых торием. На юго-западе Индии 70 000 человек живут на узкой прибрежной полосе длиной 55 км, вдоль которой также растут пески, богатые торием. Эта группа людей получает в среднем 3,8 мЗв в год на человека. Из них более 500 человек получают более 8,7 мЗв в год и 60 - более 17 мЗв, что в 50 раз превышает среднюю годовую дозу внешнего излучения от наземных источников излучения. В Иране, недалеко от города Рамсер, где ключи сломаны, богаты радием, уровни радиации составляют 400 мЗв в год [5]. Изменения во времени интенсивности поля излучения связаны с двумя группами факторов: земной (миграция радионуклидов под влиянием изменений направления ветра, морских течений и т.д.) И внеземными (изменения

интенсивности космического излучения, достигающего поверхности, процесс взаимодействия космической радиации с элементами почвы, морской воды и т. д.). На характер флуктуаций в поле излучения существенно влияет изменение во времени метеорологических параметров: температура, атмосферное давление, относительная и абсолютная влажность воздуха, направление и сила ветра. В настоящее время считается, что основной вклад в временные флуктуации интенсивности фона земного излучения составляет изменение содержания радона и его продуктов распада в атмосфере [6.7].

В неподвижном воздухе тяжелый радон обычно прижимается к почве, и его концентрация наиболее велика на первых этажах. Во время миграции с почвы на верхние этажи радон успевает распадаться. Концентрация радона в атмосфере существенно зависит от температуры[7]. Поскольку температура изменяется периодически в течение дня, концентрация радона также изменяется циклически. Подобные флуктуации концентрации радона происходят не только в атмосфере, но и в почвах, особенно на небольших глубинах. Изменения концентрации радона в атмосфере существенно зависят от температуры (среднее и амплитуда колебаний, разности температур между почвой и атмосферой), атмосферного давления, типа (снег, дождь, туман) и интенсивности осадков[8].

1.3 Особенности динамики радиационного γ и β -фона

Изменение бета и гамма в общем плане является актом с использованием детектора для определения уровня или количества радиоактивности на поверхности или в образце материала. На сегодня есть несколько методов измерений, но самые обычные методы сбора радиационных данных при проведении обследований включают в себя: прямые измерения, сканирование и отбор проб.

Мониторинг радиоактивности воздуха широко используется в качестве системы раннего оповещения о ядерных аварийных ситуациях , вытекающие из

того, что самый быстрый естественный конвейер радионуклидов - воздух. В случае чрезвычайной ситуации β -радиоактивность из-за актинидов и продуктов деления, например, из радиоактивных осадков, были бы обнаружены. Уровень радиоактивности воздуха в таком случае будет выше естественного фона вследствие радона, выделяемого в атмосферу от наземных радионуклидов ^{238}U и ^{232}Th в земле. Измерения атмосферной радиоактивности в реальном времени для своевременного обнаружения ядерных аварий являются довольно сложной задачей из-за низких концентраций радиоактивности. Некоторые из измерений, таким образом, достигаются за счет использования проб воздуха на линии через этап перемещения фильтр - ленты. Эти измерения могут быть дополнительно использованы для анализа пространственных и временных вариаций естественной радиоактивности и особенно для радона и его короткоживущих продуктов распада. Мониторингом концентрации радионуклидов в нижних слоях воздуха было установлено, что они коррелируют с метеорологическими параметрами, такими как температура воздуха, влажность, скорость воздуха, атмосферного электрического поля и направления воздушного потока.

Концентрация радионуклидов в различных объектах окружающей среды (например, почва, вода, воздух) является радиологическим параметром, как правило, определяющийся с помощью полевых измерений и лабораторных анализов. Некоторые радионуклиды или радионуклидные смеси могут потребовать измерения бета и гамма-излучений. В дополнение к оценке каждого обследования блока в целом, любые небольшие участки повышенной активности должны быть идентифицированы, а их масштабы и виды деятельности определены. В связи с многочисленными требованиями детектора, ни один прибор не способен адекватно измерить все параметры или удовлетворить все цели обследования. Выбор приборов требует оценки места и конкретных радионуклидных параметров и условий. Инструменты должны быть стабильными и надежными в соответствии с экологическими и физическими условиями, где они используются, и их физические

характеристики (размер и вес) должны быть совместимы с предполагаемым применением. Прибор и метод измерения должны быть в состоянии определить тип излучения и измерять уровни, которые меньше, чем производный уровень концентрации основного состояния. Многочисленные коммерческие фирмы предлагают широкий спектр инструментов, подходящих для радиационных измерений. Эти фирмы обычно предоставляют исчерпывающую информацию о возможностях, эксплуатационных характеристиках, ограничениях и т.д.

Изучение профильных измерений γ - и β - излучений полей привлекло большое внимание к замечательным свойствам радионуклидов и ионизирующих излучений, активно использующихся с древних времен для получения новых знаний о динамических процессах в атмосфере и литосфере, а также прогнозирования природных и техногенных опасностей. Ионизирующее излучение (ИИ) и естественная радиоактивность имеют огромное значение в радиозэкологии и радиобиологии, радиационной защите, строительстве и геофизике. Атмосферное поле ИИ представляют особый интерес в области радиозэкологии и радиобиологии для оценки малых (фоновых) доз населения и воздействия окружающей среды. В связи с этим, исследовательские группы и правительственные структуры осуществляют радиационный мониторинг атмосферы земли.

В соответствие с вышесказанным, в Томском политехническом университете (ТПУ) в сотрудничестве с Институтом мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) было проведено исследование. Получились следующие результаты: а) значительные сезонные колебания в вертикальных полях характеристик распределения β - и γ -излучений; б) снижение плотности потока β -излучения и уменьшение γ -излучения с увеличением высоты, это происходит в период с весны до осени; в) искажение вертикального профиля в зимний сезон, обратная зависимость β -плотности потока и мощности дозы гамма-излучения от расстояния от поверхности земли.

Увеличение относительной влажности ранним утром сопровождается заметным снижением до минимального значения во второй половине дня, с последующим увеличением в направлении максимального значения в следующий день. Это явление сопровождается, как и ожидалось, изменением температуры, тенденцией которой является обратной по отношению к изменению влажности. Следовательно, температура снижается до минимального значения в ранние утренние часы, а затем увеличивается до максимума во второй половине дня, с последующим снижением к минимальному значению в следующий день.

Повышение температуры усиливает высвобождение радионуклидов из почвы путем высушивания, но не концентрации радионуклидов в слоях атмосферы вблизи почвы. Это связано с тем, что увеличенный поток воздуха выталкивает радионуклидные частицы в верхние слои атмосферы. Солнечное тепло в дневное время, как правило, вызывают некоторую турбулентность, так что радон более легко транспортируется вверх и в сторону от земли.

Было установлено, что атмосферный фон γ -излучения не является постоянным, и его вариации зависят от географического расположения места наблюдения, его высоты измерения над поверхностью Земли, сезона и времени суток. Вариации фона γ -излучения, можно отнести, в частности, к колебаниям атмосферной концентрации радона из-за суточной динамики температуры и атмосферной турбулентности. Это явление можно объяснить следующим образом. Радон, выходящий из почвы в ночное время, остается вблизи поверхности Земли до тех пор, пока воздух холодный, а гамма-излучающие продукты радона и торона увеличивают уровень фона гамма-излучения в приземной атмосфере. Под солнечными лучами в дневное время воздух нагревается, возникает турбулентность, которая приводит к уменьшению концентрации радона на поверхности и, следовательно, фона γ -излучения. Ряд ученых отмечают, что количество осадков (дождь и снег) играет важную роль в вариациях атмосферного гамма- радиационного фона в течение одного дня и вызывает кратковременные резкие увеличения (очередями) определенных

характеристик полей γ -излучения на десятки и даже сотни процентов. Это явление получило название «радон вымывания». Это означает, что количество осадков вымывает продукты распада радона и торона из атмосферы на поверхность Земли. Изучение соотношения между интенсивностью осадков и величиной всплесков мощности дозы γ -излучения пока не дало желаемых результатов, т.к. не было найдено значимой корреляции между ними.

Тем не менее, недавно в Томском политехническом университете в сотрудничестве с Институтом мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) было проведено исследование и в дальнейшем, результаты экспериментальных и теоретических исследований были представлены. Большинство всплесков мощности дозы β -излучения и плотности потока γ -излучения совпадают с периодами осадков. Тем не менее, величина всплесков не всегда коррелирует с интенсивностью осадков. Были проанализированы следующие аспекты: общая продолжительность записанных всплесков, длительность подъемов и спадов всплесков, их форма и зависимость величины на высоте положения детектора. Были найдены результаты моделирования влияния осадков на активность продуктов распада радона на фоне уровней атмосферной бета- и гамма-излучений.

В некоторых других связанных с ними исследований были предприняты усилия по изучению изменения естественного роста рентгеновского фона во время осаднения, записанного на станциях космических лучей в Апатитах. Энергию спектров, полученную в процессе роста, сравнивали со спектрами, полученными при ясной погоде, и было установлено, что фактическое увеличение было характерно для потока излучения с экспоненциальным спектром, наложенного на фоновое излучение, имеющее энергетический спектр мощности. В то время как вариации гамма-излучения при ясной погоде зависят только от вариаций интенсивности при сохранении формы спектра. Значение характеристической энергии в экспоненциальном спектре находится в диапазоне 300-500 кэВ. Существует четкий верхний предел энергии излучения, сопровождающей осадки, что составляет 2-2,2 МэВ. Любые связи с

радионуклидами не обнаружены во всем исследуемом диапазоне. Установлено, что максимальное количество осадков опережает максимальное рентгеновское излучение на 30-40 минут. Изучение барометрического эффекта в данных о гамма-излучения в приземной атмосфере показало, что он является незначительным, но вполне измеримым.

1.4 Заключение по главе

В данной главе было подробно рассмотрена зависимость между радиационным γ -, β - фоном и такими характеристиками, как атмосферное давление, направление сил ветра, влажность воздуха, температура.

Так же было обнаружено, что всплеск мощности дозы и плотности потока γ -, β - излучения совпадает с периодами выпадения осадков.

2 Методы измерения характеристик атмосферного γ и β -фона

С 2009 года по настоящее время ТПУ совместно с ИМКЭС изучает влияние толщины снежного покрова на динамику радиационного фона с учетом региональных исследований. База данных мониторинга, которая является свободно доступной, дает количественное описание метеорологических параметров.

В качестве характеристик полей ионизирующего излучения приземной атмосферы были взяты плотность потока (ПП) γ -, β -излучения и мощность поглощённой дозы γ -, β - излучения. Характеристики полей излучения регистрировались различными видами детекторов (сцинтилляционные, газоразрядные), расположенных на высоте от 10 см до 35 м в открытой атмосфере.

Параллельно с экспериментами была смоделирована зависимость перечисленных характеристик полей ИИ от толщины снежного покрова и высоты над земной поверхностью (высота места расположения ИИ)[9]. Для радиационного мониторинга была создана Томская обсерватория радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ), которая включает в себя дозиметрическую лабораторию (10-й корпус ТПУ) и 2 экспериментальных участка, расположенных на прилегающей территории ИМКЭС СО РАН.

С 2008 года по настоящее время производится измерение характеристик полей α -, β - и γ -излучения на высоте 10 см, 1, 5, 10, 25, 30 и 35 м в поверхностном слое атмосферы и на глубинах 10, 20, 50 см, 1 и 5 м в земле, согласно схеме, показанной на рисунке 1. Место для экспериментов расположено во дворе ИМКЭС, оно огорожено металлическим забором, а территория просматривается тремя видеокамерами в режиме реального времени. Универсальный комплекс включает в себя лабораторный стенд «AtRad», состоящий из стандартной метеорологической мачты высотой 10 м, к которой прикреплены газоразрядные счетчики γ - и β -излучений и 35

сцинтилляционных детекторов ионизирующего излучения. Счетчики, использующие коаксиальные 50-омные кабели, подключены к источнику питания и преобразуют импульсы излучения в формат TTL. Сформированные в формат TTL импульсы передаются на восьмиканальное счетное устройство. Работающий в режиме счета, выполненный в виде платы PCI и работающий с компьютером, восьмиканальный АЦП действует как сборщик данных. К каждому из четырех газоразрядных счетчиков, обнаруживающих β - + γ -излучение и расположенных на метеорологической мачте на четырех уровнях высоты, приспособлены одностипные счетчики, закрытые алюминиевым и пластиковым корпусами и детектирующие только гамма-излучение[9].

Следовательно, благодаря разнице в скорости счета импульсов между парными счетчиками, расположенными на одной и той же высоте, можно выделить «чистый» бета-фон, одновременно получая временные ряды данных по γ -и β -излучению с частотой дискретизации 2 минут. Экспериментальные площадки для мониторинга ПП γ - излучения и β - излучения, эквивалента дозы γ -излучения в приземной атмосфере используют газоразрядные счетчики γ - и жесткого β -излучения СТС-6 и СБМ-19, а также высокочувствительные сцинтилляционные интеллектуальные блоки детектирования БДПБ-01, БДПА-01 (Атомтех, Беларусь) на высотах 10 см, 1, 5, 25, 30 и 35 м и на глубинах 0,1; 0,2; 0,5 и 1 м, а также высокочувствительные интеллектуальные блоки сцинтилляции для обнаружения γ -излучения БДКГ-03 (Атомтех, Беларусь) на высотах 1,5 и 25 м и на глубине 0,5 м. Выбор этих детекторов производился на основе требований к широкому диапазону рабочих условий, поскольку устройства БДПА-01 работают в диапазоне температур от -30 до +50 ° С и относительной влажности до 98%. Наземные ИИ-детекторы фиксируются на 2 метеорологических мачтах. В то же время, плотность потоков радона и торона контролируется с поверхности земли, для этой цели установлены 4 комплекта собственных 36 разработок, подтвержденных российскими патентами. Радонные радиометры РРА-01М-03 и РГА-06П (РФ) используются для измерения объемной активности изотопов радона, дочерних продуктов их

распада, эквивалентных равновесной объемной активности радона, коэффициента равновесия между радоном и DPR, и потенциальная энергия альфа-частиц (РАЕС). радиометр EROA radon РАМОН-01Н (Казахстан) и радиометр ОА радон и торон и DPR RTM 2200 (фирма SARAD, Германия). Кроме того, для изучения динамики объемной активности почвенного радона, не подверженного изменениям погодных условий, был установлен сцинтилляционный детектор NaI (Тl) на большой глубине 5 м. Чтобы отделить сигналы от продуктов распада γ -излучающих радионуклидов радона и почвы, детектор подключен к многоканальному импульсному анализатору. Схема процесса измерения показана на рисунке 1

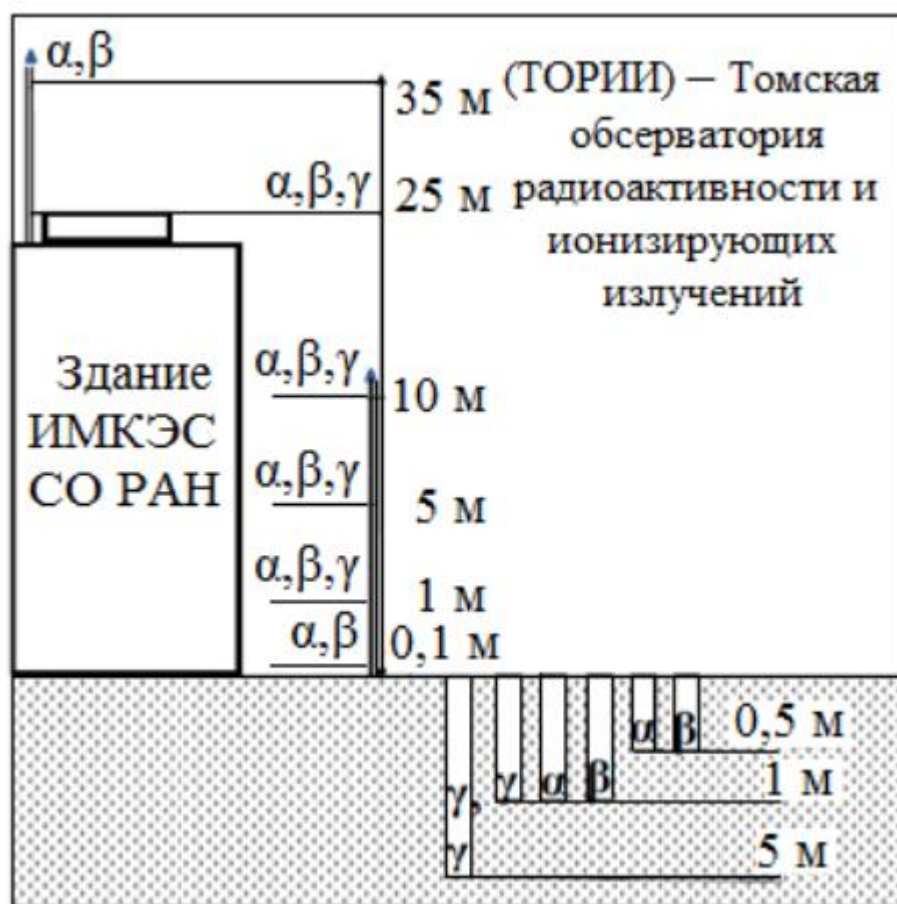


Рисунок 1 – Схема мониторинга характеристик полей ионизирующих излучений в системе «грунт – атмосфера».

2.1 Газоразрядные счетчики для измерения γ -излучения

2.1.1 Счетчик СБМ-19

Газоразрядный счетчик Гейгера-Мюллера СБМ-19 предназначен для регистрации жесткого бета- и гамма-излучений в дозиметрических и радиометрических устройствах.

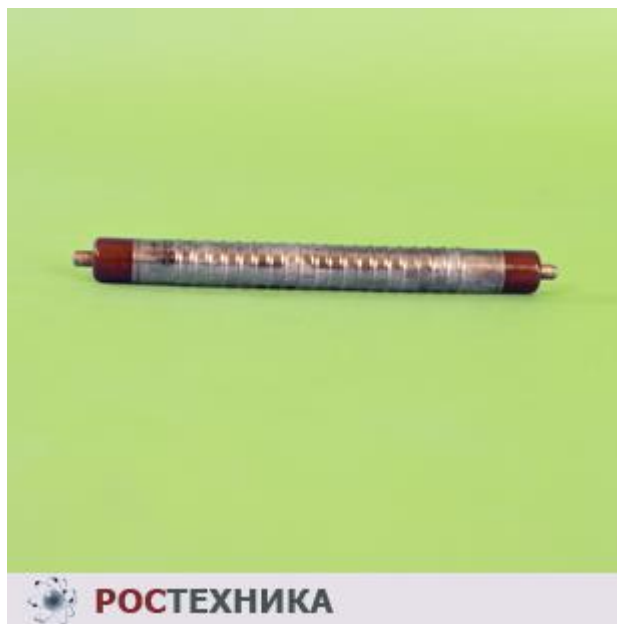


Рисунок 2 – Счетчик СБМ-19

Счетчик Гейгера-Мюллера СБМ-19 широко применяется в области радиационного контроля, датчики обледенения, задымленности, а также в дефектоскопии.

Условия эксплуатации СБМ-19:

- Температура окружающего воздуха - от -60°C до $+70^{\circ}\text{C}$.
- Климатическое исполнение - УХЛ 2.1.

Дозиметрические характеристики СБМ-19:

- максимальная скорость счета (N_{max}) - 3000 имп / с;
- уровень натурального фона ($N_{\text{ф}}$) - 120 имп / мин.

Режим работы - токовый и импульсный.

Чувствительность к гамма-излучению от источника ^{137}Cs при $3 \text{ мкР} \cdot \text{с}^{-1}$ от $221,6 \text{ имп} \cdot \text{мкР}^{-1}$ до $273,5 \text{ имп} \cdot \text{мкР}^{-1}$.

Амплитуда импульса - не менее 50 В.

Срок службы (количество импульсов) изделий счетчики СБМ-19 - не менее $2 \cdot 10^{10}$.

Габаритные размеры:

- диаметр - не более 19 мм;

- длина - не более 125 мм.

Масса - не более 25 г.

2.1.2 Счетчик СТС-6

СТС-6 счетчик Гейгера-Мюллера самогасящийся цилиндрический применяется для измерения как жесткого бета-излучения, так и гамма-излучения [10].



Рисунок 3 – Счетчик СТС-6

Счетчики СТС-6 применяются в атомной промышленности, системах управления и защиты атомных реакторов, для дозиметрического и экологического контроля.

Условное обозначение:

Счетчик СТС-6, где:

СТ - материал анода является сталь.

С - самогасящийся счетчик.

б - порядковый номер.

Технические характеристики СТС-6:

Рабочее напряжение - 390 В.

Протяженность плато счетной характеристики - не менее 80 В.

Напряжение начала счета - от 320 до 450 В.

Наклон плато счетной характеристики - 0,125% / В.

Максимальная энергия регистрации бета-излучения - 0,5 МэВ.

Дозиметрические характеристики СТС-6:

- скорость счета (N) при 0,36 мкР / ч - от 2280 имп / мин до 3420 имп / мин;

- максимальная скорость счета (N_{max}) - 60 000 имп / мин;

- уровень натурального фона (N_ф) - 110 имп / мин.

Материал цилиндра - нержавеющей сталь.

Толщина стенок - 50 мг / (см² · с).

Наибольшая паразитная емкость, допустимая во входной цепи счетно-измерительного устройства - 10 пф.

Переходная емкость входа - от 7 пф до 15 пф.

Сопротивление нагрузки СТС-6 - от 5 МОм до 10 МОм.

Срок службы (количество импульсов) - не менее 10⁹.

Температура окружающего воздуха - от -40 ° С до + 50 ° С.

Габаритные размеры:

- диаметр - не более 22 мм;

- длина - не более 199,5 мм.

Масса - не более 25 г.

2.2 Сцинтилляционные счетчики для измерения излучения

2.2.1 Блок детектирования α - излучения БДПБ-01

Назначение:

БДПБ-01 является высокочувствительным сцинтилляционным детектором, предназначенным для измерения плотности потока бета-частиц с загрязненных поверхностей в диапазоне от 0,1 част. \cdot мин⁻¹ \cdot см⁻² [11].

Особенности

- Высокая чувствительность и широкий диапазон
- Быстрая адаптация к изменению радиационного поля
- Поиск источников бета-излучения
- Является интеллектуальным блоком детектирования (интерфейс RS232)
- Система встроенной светодиодной стабилизации
- Возможность работы в широком диапазоне температур в полевых условиях (IP64)
- Хранение в энергонезависимой памяти прибора и передача в ПЭВМ до 500 измеренных спектров



Рисунок 4 – БДПБ-01

2.2.2 Блок детектирования бета излучения БДКГ-03

Назначение:

Высокочувствительный сцинтилляционный интеллектуальный блок детектирования гамма-излучения, предназначенный для поиска, быстрого обнаружения и локализации источников гамма-излучения с чувствительностью по ^{137}Cs 350 (имп/с)/(мкЗв/ч), а также для измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы и дозы гамма-излучения в диапазоне энергий 50 кэВ – 3 МэВ.

Области применения

- Поиск, обнаружение и локализация источников ионизирующих излучений
- Радиационный контроль металлолома - МУК 2.6.1.1087-02
- Радиационный контроль окружающей среды, территорий, объектов, сырья и материалов
- Дозиметрический и радиометрический контроль на промышленных предприятиях
- Контроль неоднородности загрязнений



Рисунок 5 – БДКГ-03

2.3 Заключение по главе

В данной главе были рассмотрены основные газоразрядные и сцинтилляционные счетчики для измерения γ - , β - излучения. А именно, счетчик СБМ-19, счетчик СТС-6, блок детектирования БДПБ-01 и блок детектирования БДКГ-03.

Также была описана методика проведения измерений характеристик атмосферного γ - , β - фона и экспериментальная площадка при ИМЭКС

3 Исследование влияния снежного покрова на радиационный γ - β -фон

В данной главе представлены результаты моделирования характеристик атмосферных полей γ - и β - излучений, обусловленных радиоактивным распадом почвенных радионуклидов. Описаны причины выбора данной геометрии для моделирования, а также состав почвы, атмосферы и снега.

Также представлены зависимости мощности дозы от толщины снежного покрова при разной толщине и плотности снежного покрова на высотах 10 и 25 метров. Приведены результаты корреляционного и регрессионного анализа экспериментальных данных.

3.1 Моделирование вертикального распределения характеристик γ - β - полей в атмосфере в зависимости от толщины снежного покрова

Моделирование вертикальных распределений в приземной атмосфере характеристик полей ИИ, создаваемых почвенными радионуклидами, произведено с помощью метода Монте-Карло с использованием разработанной в ТПУ программы PCLab [12.13]. При моделировании произведен учет вторичного излучения и каскадный характер взаимодействия излучения с воздухом, а также учет векового радиоактивного равновесия между родоначальниками рядов и дочерними продуктами их распада. В качестве характеристик полей ИИ рассмотрены: мощность дозы γ - излучения и плотность потока β - излучения.

3.1.1 Состав грунта, атмосферы и снега для моделирования

Таблица 1 – Почвенные радионуклиды

Th^{232}	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{228}, \text{Ac}^{228}, \text{Th}^{228}, \text{Ra}^{224}, \text{Rn}^{220},$ $\text{Po}^{216}, \text{Pb}^{212}, \text{Bi}^{212}, \text{Tl}^{208}.$
-------------------	--

U^{235}	$U^{235}, Th^{231}, Pa^{231}, Ac^{227}, Fr^{223}, Ra^{223}, Rn^{219}, Po^{215}, Pb^{211}, Bi^{211}, Tl^{207}, Po^{211}.$
U^{238}	$U^{238}, Th^{234}, Pa^{234}, U^{234}, Th^{230}, Ra^{226}, Rn^{222}, Po^{218}, Pb^{214}, Bi^{214}, Po^{214}, Pb^{210}, Bi^{210}, Po^{210}.$
K^{40}	
Cs^{137}	

Таблица 2 – Состав атмосферы для моделирования

Элемент	Z	A	W, весовая доля элементов вещества
N	7	14,00	0,755
O	8	16,00	0,232
Ar	18	39,95	$1,92 \cdot 10^{-2}$

Таблица 3 – Состав снега для моделирования

Элемент	Z	A	W, весовая доля элементов вещества
O	8	16,00	0,9
H	1	1,00	0,1

Также, в моделировании используется разные плотности снега, взятые в справочных материалах, это: 0.15, 0.25, 0.35 г/см³.

3.1.2 Геометрия расчета

Для расчетов была задана цилиндрическая геометрия (Рис 1). Радиус 400 м был выбран, чтобы учесть проникающую способность фотонов в воздухе.

Чтобы избавиться от влияния краевых эффектов на конечный результат, был сформирован внутренний цилиндр радиусом 20 м. Слой грунта взят толщиной 50 см, т.к., моделирование показали, что основной вклад в суммарную дозу в атмосфере вносят природные радионуклиды находящиеся в этом слое. Высота в которой проводились расчеты была взята 400 м.

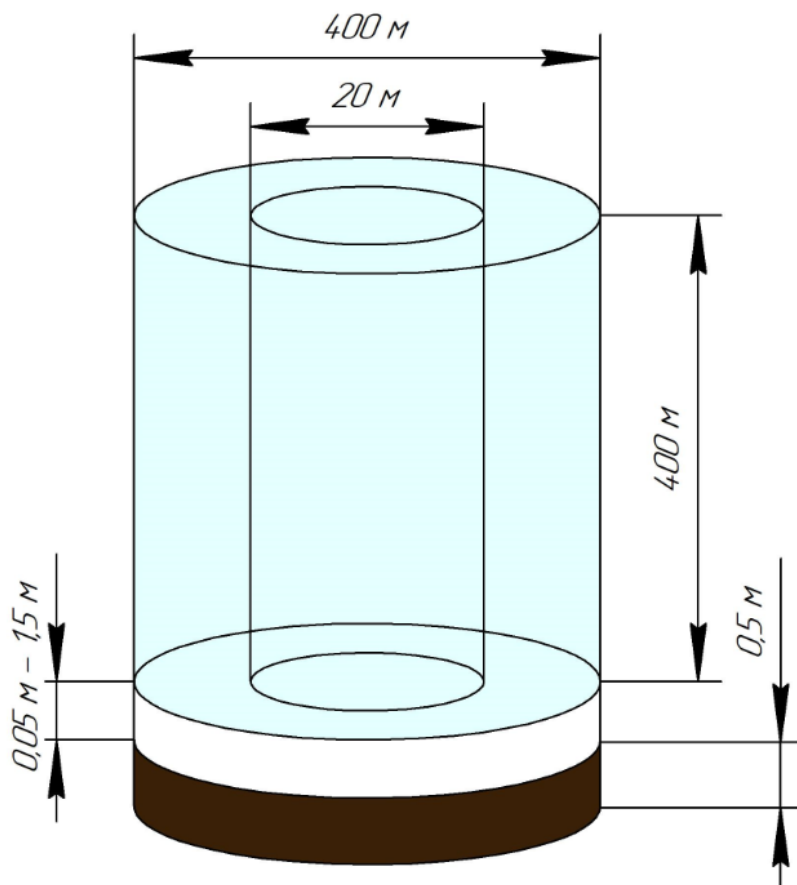


Рисунок 6 – Геометрия для моделирования

3.1.3 Выбор радионуклидов и пересчет на реальную активность радионуклидов

С помощью программы «Компьютерная лаборатория» моделировали вертикальные распределения характеристик полей ИИ для каждого из радионуклидов, приведенных ниже в таблице. Для удобства быстрого пересчета на реальную удельную активность радионуклидов в грунте, все результаты

получены в расчете на единичную активность радионуклидов (1 Бк/кг) и объединены по 5-ти группам, это: K^{40} , Cs^{137} , ряд U^{235} , ряд U^{238} , ряд Th^{232} .

Формула для пересчета на реальную активность:

$$\frac{\dot{D}_{\text{мкГр}}}{\text{ч}} = \frac{\dot{D}_{\text{мкГр}}}{\text{распад}} * \rho \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot V_{\text{м}^3} \cdot \frac{A_{\text{уд}} \text{Бк}}{\text{кг}}$$

$$V = \pi r^2 h,$$

где, h – высота грунта, см,

V – объем источника м^3 ,

r – радиус источника, см,

ρ – плотность источника, $\text{кг}/\text{м}^3$,

$A_{\text{уд}}$ - удельная активность источника, Бк/кг.

На территории г. Томска значения удельной активности ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs в грунте толщиной 50 см составляют 26; 345 и 10 Бк/кг, соответственно.

3.1.4 Графики, полученные в результате моделирования

На графиках представлена зависимость мощности дозы γ - излучения от толщины снежного покрова на высотах 10 м и 25м. Эти высоты были выбраны для сопоставления результатов моделирования и экспериментальных данных, поскольку на указанных высотах ведется круглогодичный и многолетний мониторинг γ -фона.

На рисунке 8 представлено зависимость мощности дозы от толщины снежного покрова, при разных плотностях снега на высоте 25 м.

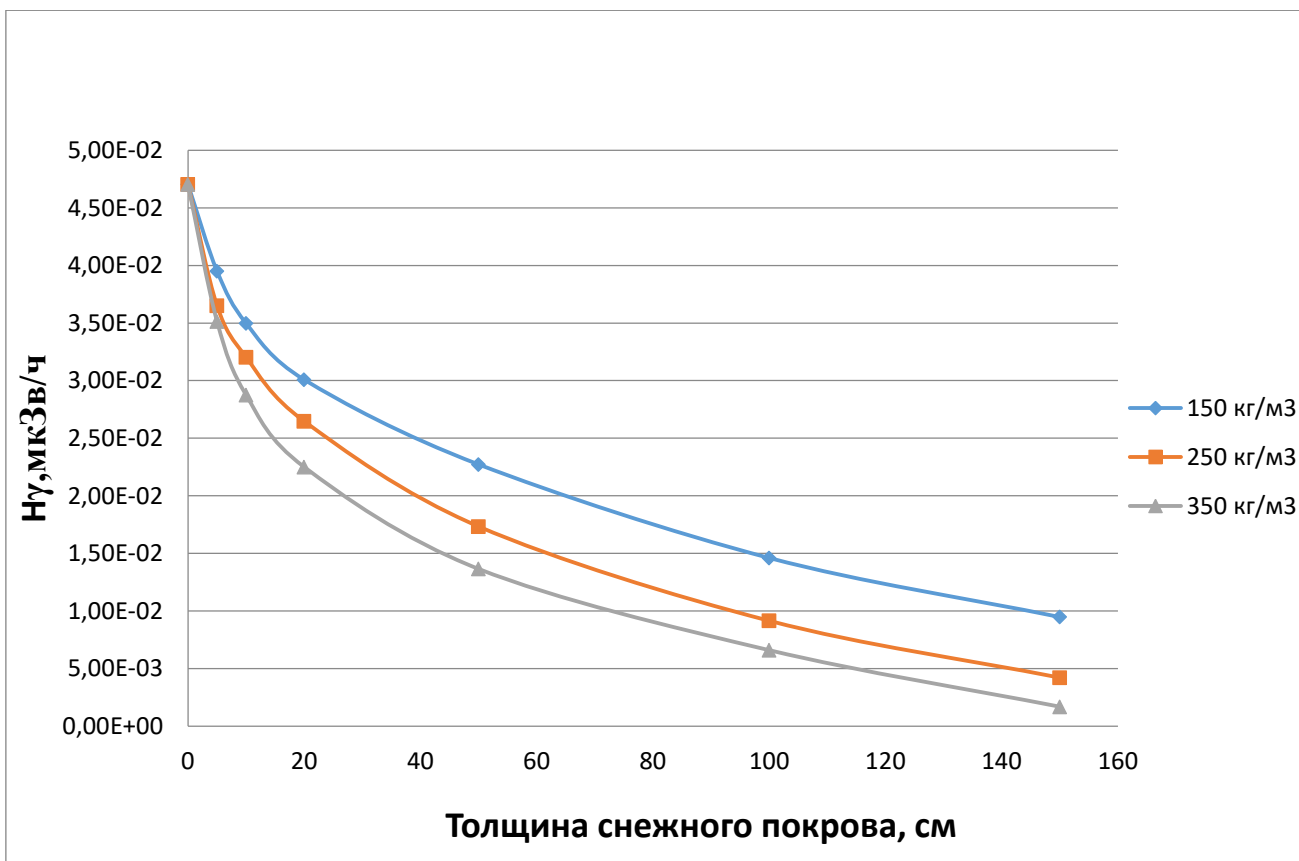


Рисунок 7 – Зависимость мощности дозы от толщины снежного покрова, при разных плотностях снега на высоте 25 м.

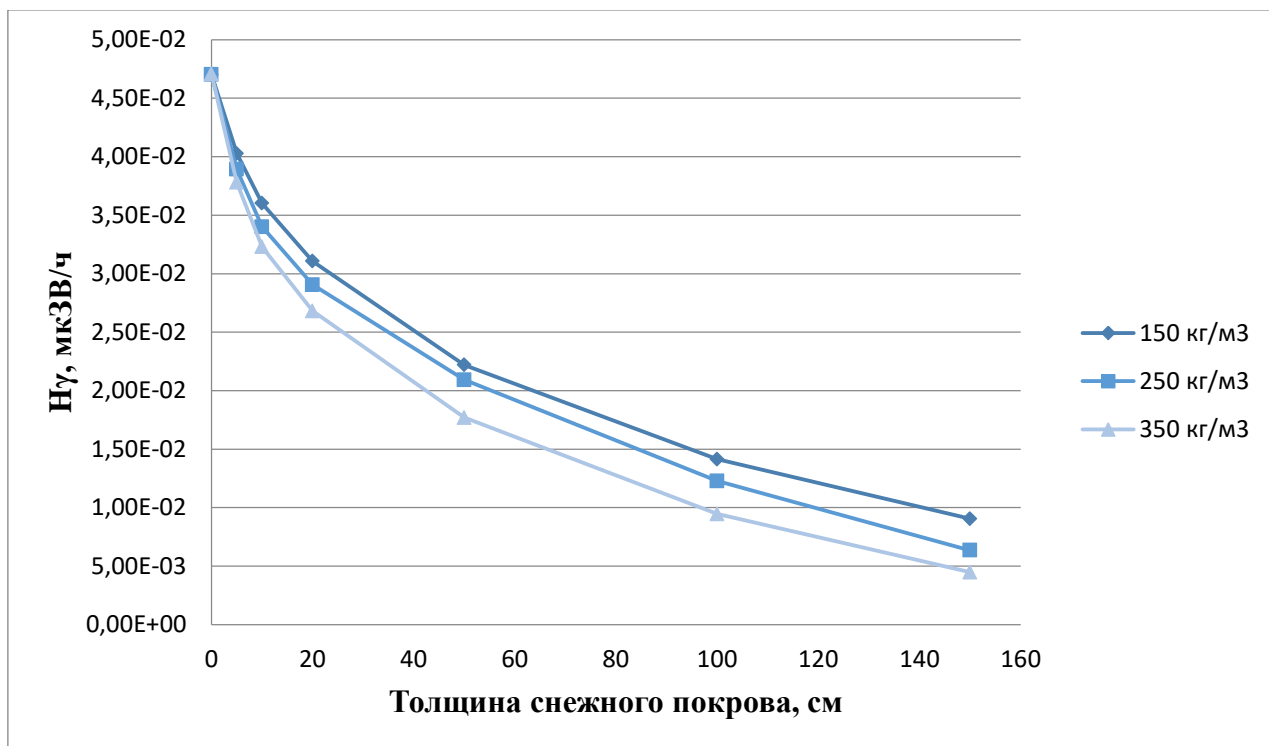


Рисунок 8 – Зависимость мощности дозы от толщины снежного покрова, при разных плотностях снега на высоте 10 м

Видно, что при увеличении толщины снежного покрова мощность дозы снижается экспоненциально, а не линейно, как можно предположить при анализе экспериментальных данных, а также наблюдается снижение мощности дозы при увеличении плотности снега.

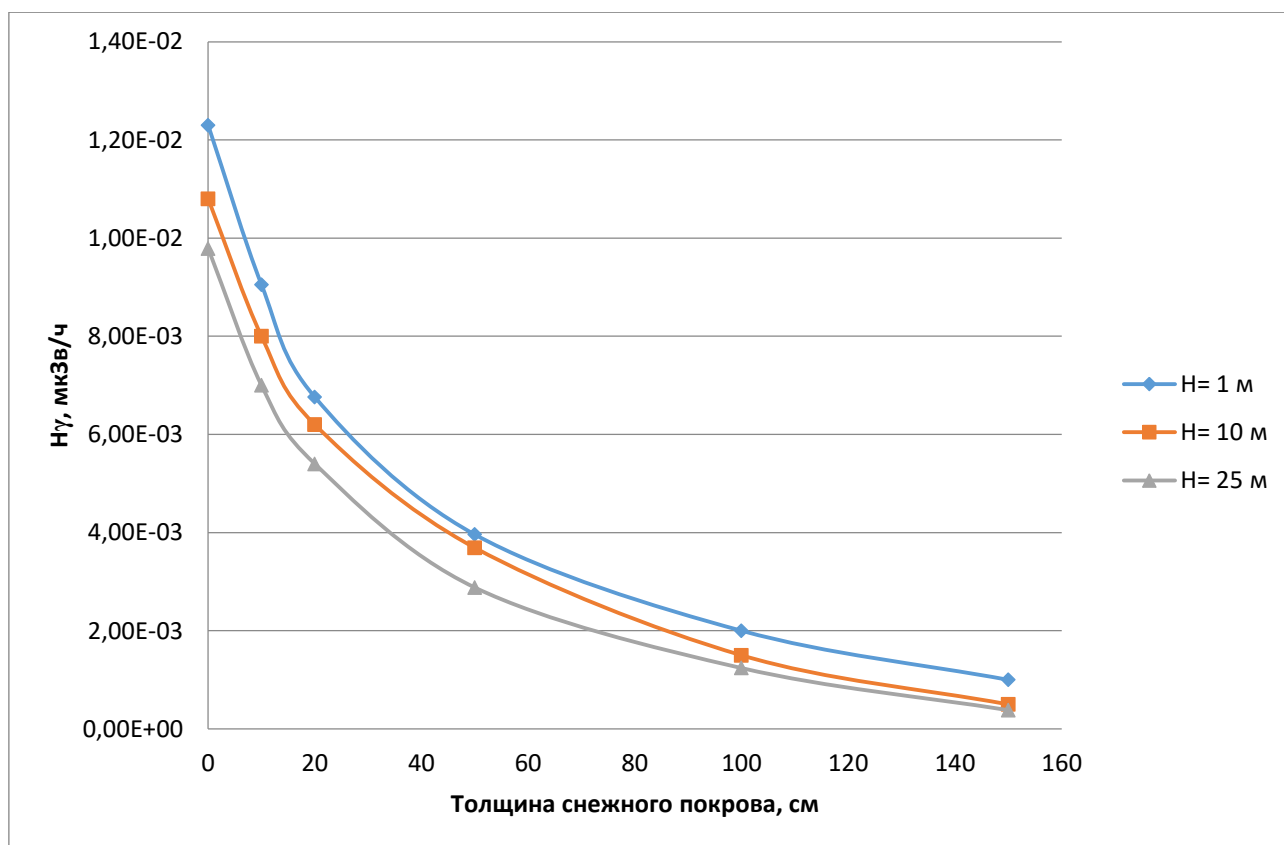


Рисунок 9 – Зависимость мощности дозы γ - излучения от толщины снежного покрова на высотах 1 м, 10 м и 25м для К-40.

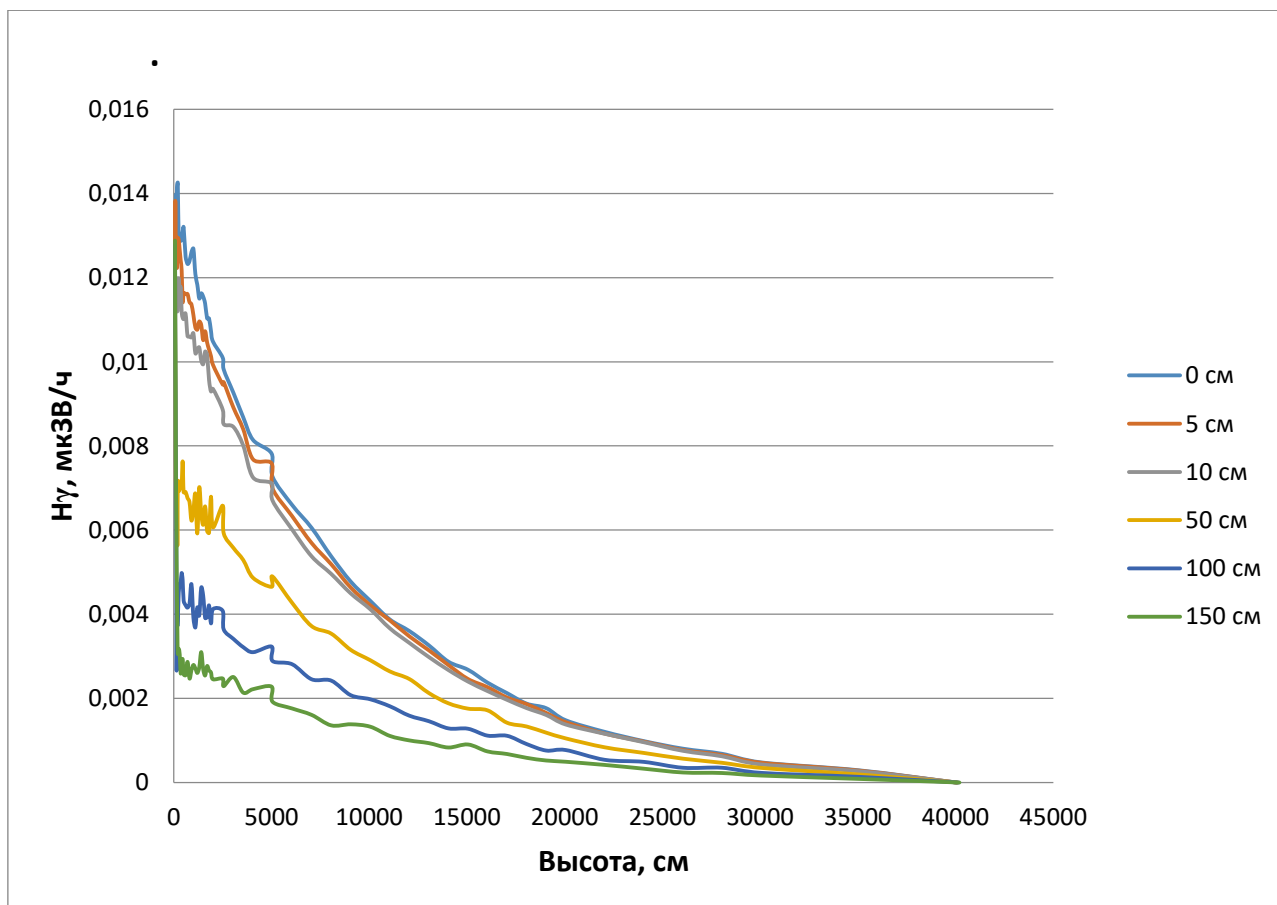


Рисунок 10 – Зависимость мощности дозы от высоты над земной поверхностью при разной толщине снежного покрова для К-40 и плотности снега 150 кг/м^3

Анализируя данный график, можно сделать выводы, что снег является сильным замедлителем γ -фона. При толщине снега 10 см атмосферный гамма-фон снижается на 26 %, при 20 см – на 45%, при 50 см снега – на 67%.

3.2 Экспериментальные данные

Институтом мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН) были предоставлены экспериментальные данные за последние 6 лет.

Представлен годовой ход температуры, давления, β -фона, γ -фона и толщины снежного покрова.

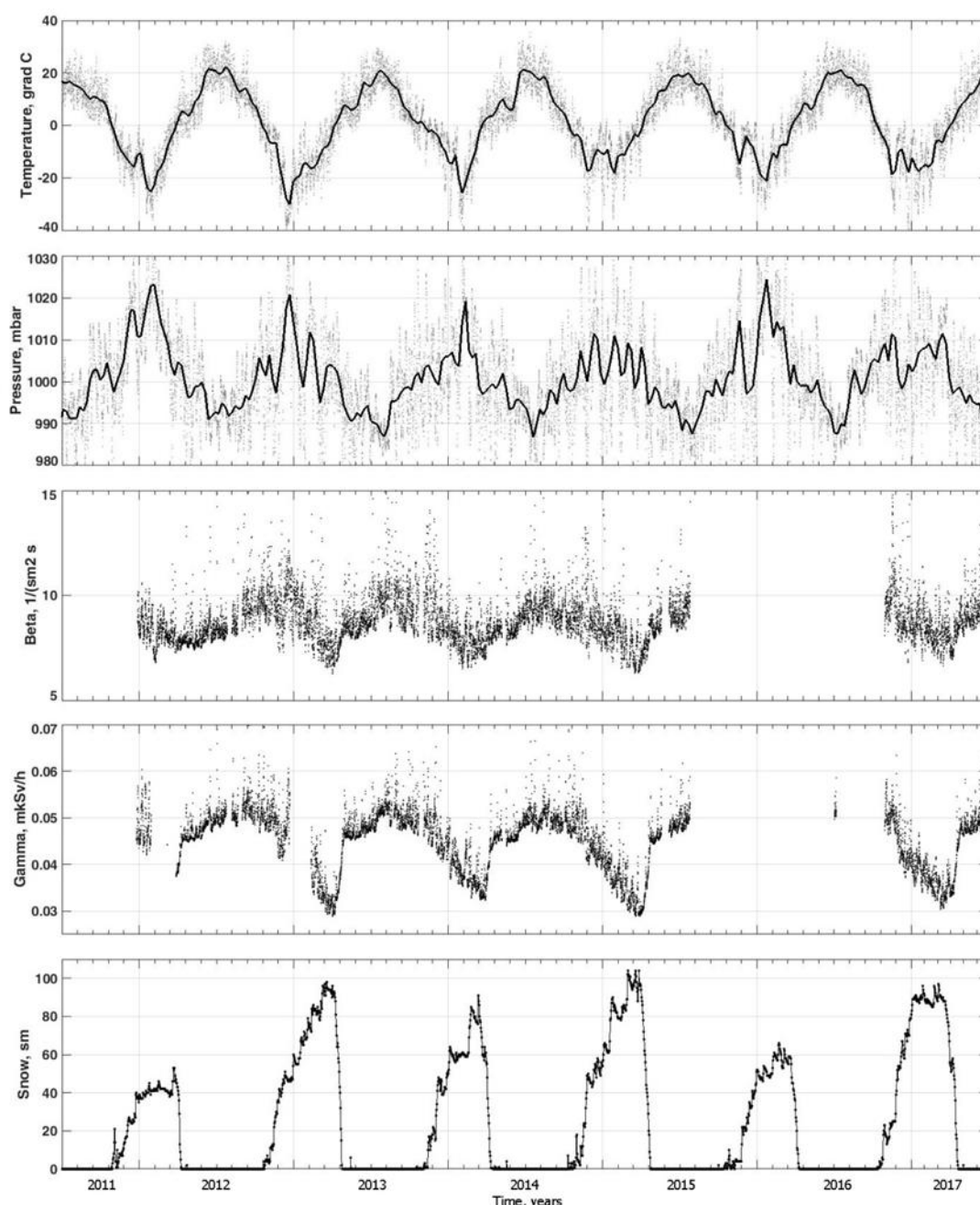


Рисунок 11 – Годовой ход метеорологических величин и гамма-, бета-фона приземной атмосферы

На рисунке 11 можно видеть, что переход к зимнему периоду сопровождается уменьшением γ -фона. Динамика β -фона почти одинакова, с небольшими различиями. Представленные данные прямо указывают на существование годового хода фоновое излучения и высокую согласованность межгодовых вариаций.

В годовом цикле вариации γ - и β - фона наблюдается слабый максимум летом. При визуальном анализе рисунка можно предположить, что корреляция между атмосферным давлением, температурой и γ -, β -фоном является сильной.

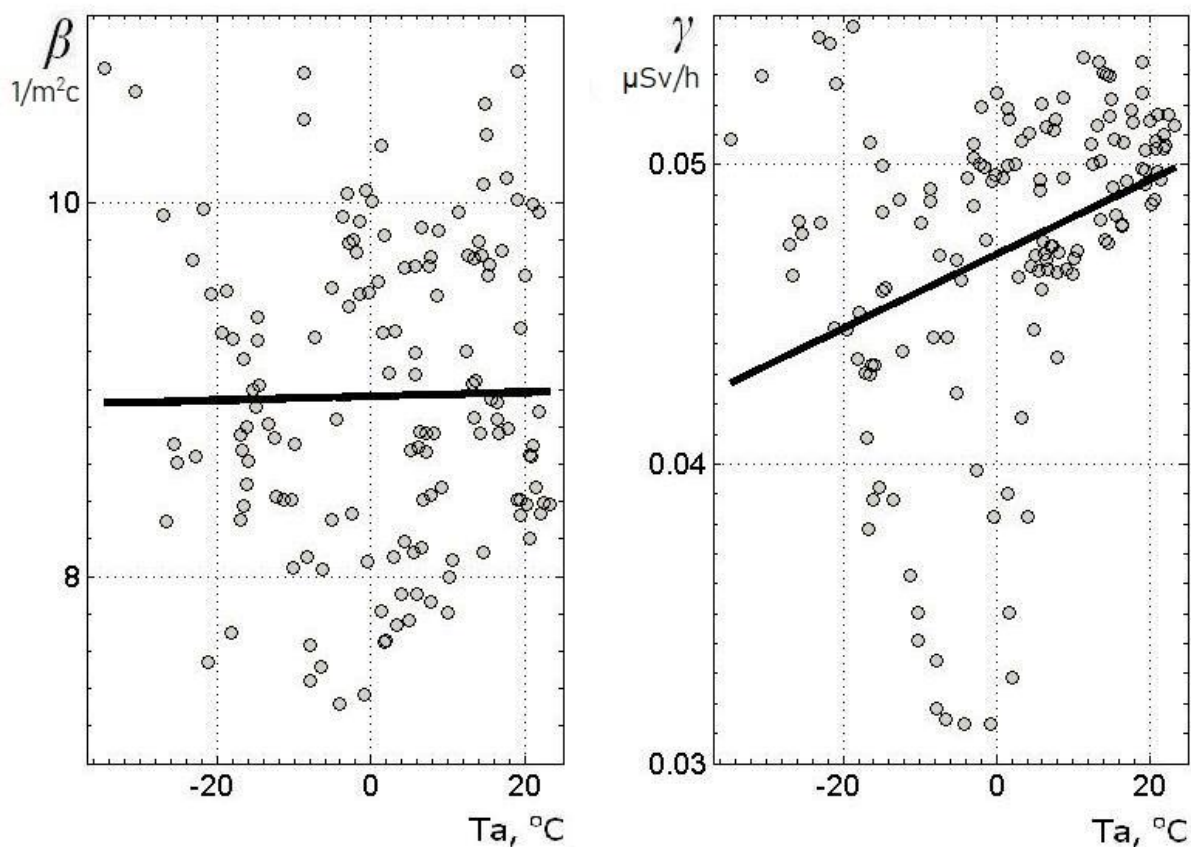


Рисунок 12 – Зависимости уровней β -, γ - фона от температуры атмосферы

Глядя на рисунок 12, можно увидеть, регрессионный анализ показал, что связь уровней γ -, β - фона с температурой атмосферы слабая. Коэффициент корреляции 0,1-0,2.

Результаты регрессионного анализа между γ -, β - фоном и атмосферным давлением также подтверждают слабую связь в отдельные периоды года, а в целом - практически ее отсутствие (линии без наклона).

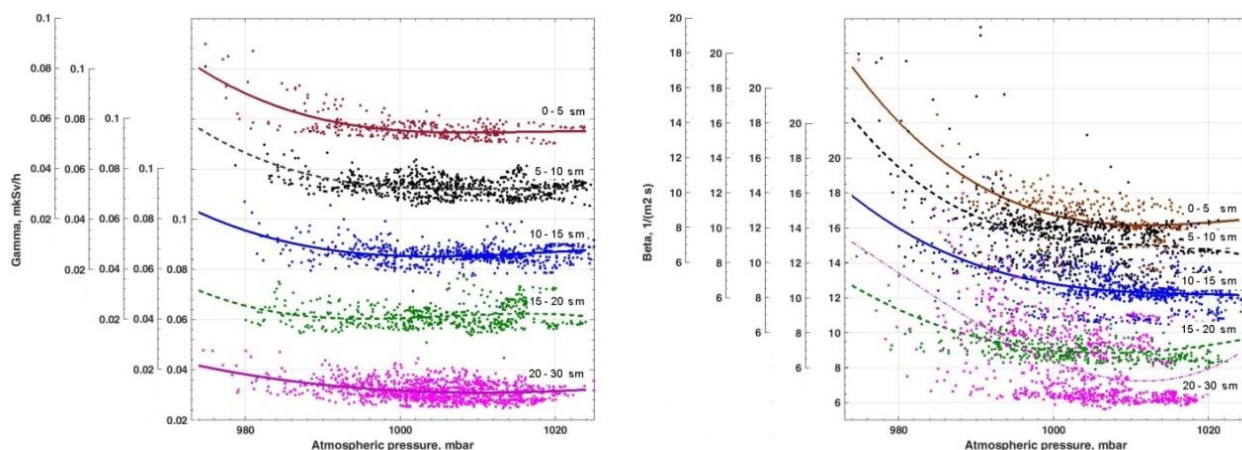


Рисунок 13 – Зависимости уровней γ -, β - фона от атмосферного давления

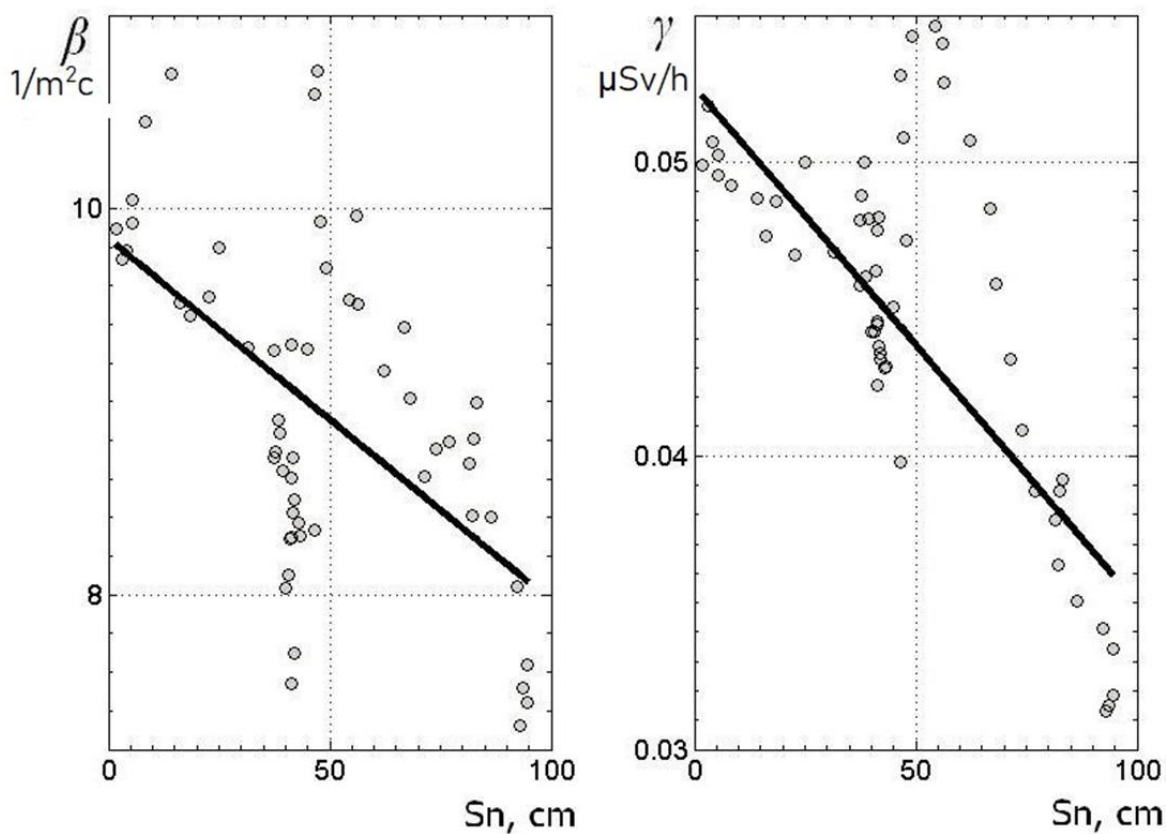


Рисунок 14 – Зависимость минимумов в годовом ходе γ - и β -фона и максимумом (высоты снежного покрова) с 2009 по 2017 годы

Результаты регрессионного анализа экспериментальных данных по γ -, β -фону с толщиной снежного покрова выявили значимую связь.

3.3 Заключение по главе

Регрессионный и корреляционный анализ между γ -, β - фоном и атмосферным давлением, температурой, толщиной снежного покрова и интенсивностью осадков, позволил определить:

- Очень слабую корреляцию между температурой и γ -, β - фоном приземной атмосферы. Коэффициент корреляции 0,1-0,2.
- Слабую корреляцию между атмосферным давлением и радиационным γ -, β - фоном в отдельные периоды года, или полное ее отсутствие.
- Значимую корреляцию между толщиной снежного покрова и радиационном фоном. Отсюда делаем вывод, что снежный покров является хорошим поглотителем излучения.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Расчет ведется по методике, представленной в источниках [15-19]

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В зимний период было замечено снижение γ -фона, в основном это связывают с изменением таких характеристик, как давление и температура. В данной работе было исследовано влияния снежного покрова на динамику радиационного фона. Заинтересованность в проекте могут проявить различные метеорологические и геологические организации, научно-исследовательские институты, а также оперативные радиологические службы.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Для анализа конкурентных технических решений были взяты экспериментальные измерения детекторами.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \text{ где}$$

где, K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя;

B_{ϕ} – моделирование процесса;

B_{kl} – измерения детекторами.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Достоверность полученных данных	0,3	4	4	1,2	1,2
2. Отсутствие влияния атмосферных условий на эксперимент	0,15	5	3	0,75	0,45
3. Безопасность проведения эксперимента	0,1	4	3	0,4	0,3
4.Простота проведения эксперимента	0,12	5	4	0,6	0,48
5.Время наработки данных	0,1	3	3	0,3	0,3
6. Наличие дорогостоящего оборудования	0,05	5	3	0,25	0,15

Таблица 5 – Экономические критерии оценки эффективности

1. Финансирование научной разработки	0,05	5	2	0,25	0,1
2. Стоимость материалов	0,1	5	2	0,5	0,2
3. Конкурентно способность	0,03	4	4	0,12	0,12
Итого	1	40	28	4,37	3,3

В ходе проведения анализа конкурентных технических решений была составлена таблица (оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений). Из таблицы видно, что моделирование процесса наиболее ресурсоэффективно в отличие от проведения экспериментальных измерений детекторами.

4.1.2. SWOT-анализ

SWOT-анализ – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность,

которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

В таблице представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз.

Таблица 6 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> –С1. Достоверность полученных данных; –С2. Новизна научного исследования; –С3. Расширение границ применимости; –С4. Безопасность проведения исследования. 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Сл1. Отсутствие финансирования; – Сл2. Большой срок обработки результатов; –Сл3. Отсутствие осведомленности об исследованиях данного типа.
<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> –В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. –В2. Новизна исследования приведет к появлению заинтересованных сторон. 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рост спроса на исследования данного типа за счет распространения среди различных организаций и университетов. 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие большого числа заказов на проведение исследований. 2. Усовершенствование

	2. Приоритет к данному исследованию по сравнению с конкурентами за счет осуществления должной надежности и безопасности.	γ -детекторов приведет к снижению погрешности измерения.
<p>Угрозы:</p> <p>– У1. Высокая конкуренция из-за модернизации других приборов;</p> <p>– У2. Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства.</p>	<p>1. Высокая достоверность в совокупности с невысокой стоимостью данных значительно повышает конкурентоспособность;</p> <p>2. Преимущество перед конкурентами за счет новизны идеи.</p>	<p>1. Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.;</p> <p>2. Уменьшение стоимости γ, β – детекторов позволит закупить дополнительное количество детекторов для расширения области измерения мощности дозы, что приведет к повышению спроса на данную методику.</p>

Для выявления степени необходимости проведения стратегических изменений была построена интерактивная матрица, представленная в таблице.

Таблица 7 – интерактивная матрица.

Сильные стороны научно – исследовательского проекта					
Возможности		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	0	+
	B2	-	+	+	-

Исходя из данных интерактивной матрицы, можно сделать вывод, что сильные стороны проекта связаны с возможностями внешней среды и благодаря им проект может быть реализован и востребован на рынке.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;
- студент.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания для НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ литературных источников	Инженер
	6	Проведение моделирования	Инженер
	7	Проведение практического расчёта	Инженер

	8	Сопоставление результатов моделирования с эмпирическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Инженер
	10	Оформление расчетов	Инженер
	11	Составление пояснительной записки	Инженер
	12	Подготовка к защите темы	Инженер

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения НИР

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макс i}}{5}, \quad (3)$$

где, $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{макс i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где, T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

На следующем этапе разрабатывается календарный план выполнения работ НИР. Был построен ленточный график проведения НИР в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (5.4)$$

где, T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, (кален. дн.);

T_{pi} - продолжительность одной работы, (раб. дн.);

k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (5.5)$$

где, $T_{\text{кг}}$ - количество календарных дней в году ($T_{\text{кг}} = 365$ дн.);

$T_{\text{вд}}$ - количество выходных дней в году ($T_{\text{вд}} = 52$);

$T_{\text{пд}}$ – количество праздничных дней в году, ($T_{\text{пд}} = 14$).

Расчетную величина продолжительности работ $T_{\text{ки}}$ была округлена до целых чисел.

Величина посчитанного коэффициента календарности:

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Расчетные данные сведены в таблице, на основании которой был построен календарный план-график.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

i	Исполнитель	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	Ч_i	$T_{\text{р } i},$ раб.дн	$T_k,$ кал.дн.
1	Руководитель	1	2	1,6	1	1,6	2
2	Руководитель	2	4	3,3	1	3,3	4
3	Руководитель	1	2	1,6	1	1,6	2
4	Руководитель Студент	2	4	2,8	1	1,4	1,7
5	Студент	3	6	4	1	4	4,9
6	Студент	14	31	20,8	1	20,8	25,4
7	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3,4
8	Студент	2	4	2	2	2	2,4
9	Руководитель	6	12	8	1	4	4,9




	Студент						
10	Студент	2	4	2,8	1	2,8	3,4
11	Студент	2	3	2,4	1	2,4	2,9
12	Студент	2	4	2,5	1	2,5	3
Итого		35	72	49,2	-	49,2	60

4.2.4 Разработка графика проведения научного исследования

На основании расчётных данных был построен план-график в виде диаграммы Ганта. График построен с временной шкалой, разбитой на месяцы и декады, покрывающей весь период проведения исследований и написания ВКР. Каждому исполнителю присваивается свой тип штриховки. Календарный план график выполнения данной дипломной работы представлен в таблице.

Таблица 10 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№	Исп.	T _{кi} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март				Апрель				Май			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Р	2												
2	Р	4												
3	Р	2												
4	Р С	1,7												
5	С	4,9												
6	С	25,4												
7	С	3,4												
8	С	2,4												
9	Р С	4,9												
10	С	3,4												
11	С	2,9												
12	С	3												

 - студент;
  - руководитель;
  - руководитель, студент.

4.2.5. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

1. Основная заработная плата исполнителей темы;
2. Отчисления во внебюджетные фонды.
3. Накладные расходы.

4.2.5.1. Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включена основная заработная плата работников непосредственно участвовавших в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.8)$$

где, $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (5.9)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{м}} \cdot M) / F_{\text{д}}, \quad (5.10)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года, при отпуске в 48 рабочих дней $M=10,4$ месяцев, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный оклад работника с учетом районного коэффициента для Томска $k_p = 1,3$, вычисляется:

$$З_м = З_{тс} \cdot 1,3. \quad (5.11)$$

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ равна:

$$З_м = З_{тс} \cdot 1,3 = 36800 \cdot 1,3 = 47840 \text{ руб./месяц};$$

$$З_{дн} = (З_м \cdot M) / F_{д} = (47840 \cdot 10,4) / 251 = 1982 \text{ руб./день};$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб} = 1982 \cdot 12 = 23784 \text{ руб.}$$

Таблица 12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	k_p	$З_м$, руб./месяц	$З_{дн}$, руб./день	$T_{р,раб.}$ дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	36800	1,3	47840	1982	12	23784
Студент	9893	1,3	12861	533	42	22386
Итого $З_{осн}$						46170

4.2.5.2 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (5.13)$$

где, $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}}, \quad (5.14)$$

где $k_{\text{пф}}$ - коэф. отчисления в пенсионный фонд; $k_{\text{с}}$ - коэф. отчисления страховых взносов;

$k_{\text{пн}}$ - коэф. отчисления в подоходный налог.

$$k_{\text{внеб}} = 0,271.$$

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда руководителя вычисляются следующим образом:

$$З_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot 46170 = 12512 \text{ руб.}$$

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель
Основная заработная плата, руб.	46170
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Сумма отчислений	12512
Итого	12512

4.2.5.3 Накладные расходы

Затраты на электроэнергию для работы компьютера рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}}$$

где, $C_{\text{эл}} = 5,8$ – тариф на электроэнергию, руб/(кВт·ч);

$F_{\text{об}} = 49 \cdot 6 = 294$ – время использования оборудования, (ч).

При выполнении работы использовался персональный компьютер со средней мощностью 350 Вт(0,35 кВт). Если предположить, что вся

работа выполнялась на нем, то, согласно таблице, всего было израсходовано (60 календарных дней, шестичасовой рабочий день):

$$E_{\text{ПК}} = P \cdot F_{\text{об}} = 0,35 \cdot 294 = 103 \text{ кВт};$$

тогда стоимость потраченной электроэнергии равна:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot E = 5,8 \cdot 103 = 597 \text{ руб.}$$

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных берем в размере 16%, отсюда:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 46170 = 7387 \text{ руб.}$$

4.2.5.4. Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице

Таблица 14 – Бюджет на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	46170
2. Отчисления во внебюджетные фонды	12512
3. Накладные расходы	7387
4. Затраты на электроэнергию	597
Бюджет затрат НТИ	66666

4.2.6 Определение ресурсной эффективности исследования

Определить эффективность можно посредством расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его величина складывается из коэффициентов финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.16)$$

где, $I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{66666}{66666} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.17)$$

где, I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы.

Таблица 15 – Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,23	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5
3. Помехоустойчивость	0,20	4
4. Энергосбережение	0,20	3
5. Надежность	0,12	4
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	

$$I_{pi} = 5 \cdot 0.23 + 5 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.2 + 3 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.12 + 4 \cdot 0.15 = 4.13$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.
Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}.$$

Таблица 16 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.13
3	Интегральный показатель эффективности	0,24

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В данном случае имеет лишь один вариант решения задачи. Следовательно, предоставленных вариант и предполагается лучшим.

5 Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [20].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [21], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором, называется, такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и

вредные факторы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ, Отделение ЯТЦ НИ ТПУ	—	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и так далее)	—	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	—	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность.

На студента, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие факторы:

– физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения;

– психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ

5.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 15.

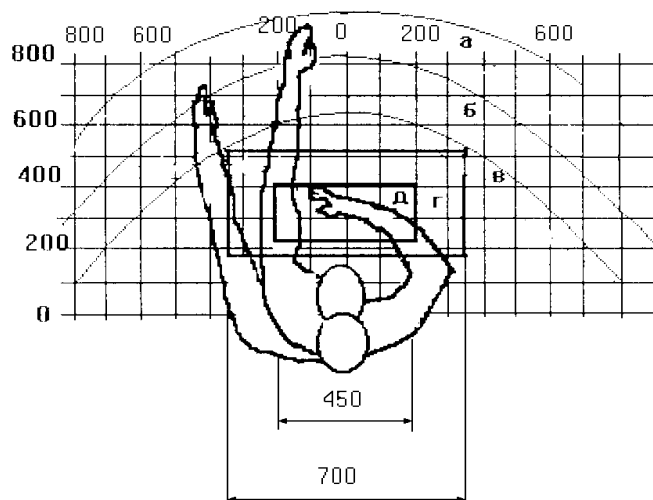


Рисунок 15 – зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей: размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура: в зоне г/д;
- системный блок: размещается в зоне б (слева);
- принтер: находится в зоне а (справа);
- литература и документация, необходимая при работе размещается в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева);

– литература, не используемая, постоянно размещается в выдвижных ящиках стола.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420 – 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500 – 600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция

клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда – это микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение и освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [22] и приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23–25	40–60	0,1
Тёплый	23–25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции

и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м^3 на человека – не менее 30 м^3 в час на человека; при объёме помещения более 40 м^3 на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20 – 25 °С, зимой – 13 – 15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видео-кабеля. Согласно [22] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- 25 В/м в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц;
- 2,5 В/м в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- 250 нТл в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц;
- 25 нТл в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. По нормам [22] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

5.4 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С) [23], наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы, заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заклучение в корпуса электропоражающих элементов, заклчение в корпус токоведущих частей).

5.5 Пожарная и взрывная безопасность

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с

твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации [24].

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения — предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Заключение

Результаты регрессионного анализа показали, что с давлением и температурой идет слабая зависимость. А вот снег является значимым фактором в снижение γ - β -фона.

Проанализировав зависимость мощности дозы от толщины снежного покрова можно сделать выводы, что при увеличении снежного покрова видна экспоненциальная зависимость.

При толщине снежного покрова 10 см, мощность дозы γ -фона уменьшается на 26%. При толщине снежного покрова 20 см, мощность дозы γ -фона уменьшается на 45 %, при 50 см – на 67 %.

Выявлено, что в зимний период доза облучения населения, находящегося на открытом воздухе в условиях Западной Сибири, снижается, что является актуальным с точки зрения радиобиологии.

Список используемых источников

1. Вариации компонент радиационного фона в сейсмически активном и спокойном регионах / А.В. Вуколов, И.И. Ипполитов, В.Д. Каратаев, П.М. Нагорский, С.В. Смирнов, П.П. Фирстов, В.С. Яковлева // Известия ТПУ, 2012. – №1. – С. 184 – 190.
2. Вариации радиационного фона и климатических параметров в северной части Азовского моря [Электронный ресурс] / И.Н. Бекман, М.А. Хасков, В.И. Пасека, Л.Е. Панаркина, Г.Б. Рязанцев. – Режим доступа:
<https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fprofbeckman.narod.ru%2FER4.pdf&name=ER4.pdf&lang=ru&c=56c1e011c6f0&page=8>, свободный.
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
[https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.iupr.ru%2Fdomains_data%2Ffiles%2Fzurnal_15%2FUglanova%2520V.Z.\(sovremennye%2520nauki%2520i%2520obrazovanie\).pdf&name=Uglanova%20V.Z.\(sovremennye%20nauki%20i%20obrazovanie\).pdf&lang=ru&c=56c1e116360e&page=4](https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.iupr.ru%2Fdomains_data%2Ffiles%2Fzurnal_15%2FUglanova%2520V.Z.(sovremennye%2520nauki%2520i%2520obrazovanie).pdf&name=Uglanova%20V.Z.(sovremennye%20nauki%20i%20obrazovanie).pdf&lang=ru&c=56c1e116360e&page=4), свободный.
4. Вариации естественного гамма-фона во время выпадения атмосферных осадков / Б.Б. Гвоздевский, Ю.В. Балабин, А.В. Германенко, Э.В. Вашенюк, Л.И. Щур // Вестник Кольского научного центра РАН, 2010. – №2. – С. 104 – 109.
5. Титаева Н.А. / Н.А. Титаева // Ядерная геохимия. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2000. – 336 с.
6. Hötzl H., Winkler R. Long-term variation of outdoor radon equilibrium equivalent concentration // Radiat. Environ. Biophys, 1994. – P. 381.
7. Porstendörfer J., Butterweck G., Reineking A. Daily variation of the radon concentration indoors and outdoors and the influence of meteorological parameters // Health Phys, 1994. V.67. – №3. – P. 283.

8. Cramer R., Burkart W. The radon problem // Radiat. Phys. Chem, 1989.V.34. – №2. – P. 251.
9. Мишина Н.В., Черепнев М.С., Яковлева В.С. Моделирование влияния физических параметров грунта на радиационный фон приземной атмосферы // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 3-6 июня 2015 г. – Томск: НИ ТПУ, 2015. – 340 с.
- 10.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://zapadpribor.com/sts-6-schetchik/>,свободный.
- 11.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.radek.ru/product/Intellectualnye-bloki-detektirovaniya/31/>, свободный.
- 12.Беспалов В.И. Пакет программ ЕРНСА для статистического моделирования поля излучения фотонов и заряженных частиц // Изв. вузов. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 4. – С. 159–165.
- 13.Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 369 с
- 14.Каратаев В.Д., Яковлева В.С., Эргашев Д.Э. Исследование радиоактивности объектов окружающей среды на территории Томской области // Изв. вузов. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 4.– С. 105-109.
- 15.Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
- 16.Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
- 17.Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
- 18.Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

- 19.Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс]
<http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>.
- 20.Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М., Высшая школа, 1999 – С.318.
- 21.Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 № 181 – ФЗ // Российская газ. – 1999 – 24.07. – С.4.
- 22.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. – М: Российская газета, 2003 – С.3.
- 23.ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988 – С.2.
- 24.СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введ. 1998-01-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999 – С.6.